

Министерство  
на териториалното развитие  
и строителството

БСА БСА БСА БСА БСА БСА БСА



**БЮЛЕТИН**  
**ЗА СТРОИТЕЛСТВО**  
**И АРХИТЕКТУРА**

БСА БСА БСА БСА БСА БСА БСА



БСА БСА БСА БСА БСА БСА БСА

**4-5**

**СОФИЯ, 1993**



# РЪКОВОДСТВО ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА БЕЗГРЕДОВИ СТОМАНОБЕТОННИ ПЛОЧИ

## 1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Безгредовата подова конструкция представлява плоча, подпряна на колони или на колони и стени (шайби), армирана в две посоки. Връзката между плочите и колоните може да бъде ставна или корава. Колоните могат да бъдат с или без капители.

1.2. Плочата може да бъде удебелена в зоните при колоните с оглед поемането на опорните моменти и продънването (фиг.1). При наличие да греди между колоните, те участват със сечението си в коравината на съответната ивица от плочата и се оразмеряват за попадащата им се част от усилията.

1.3. Като безгредови подови конструкции могат да бъдат разглеждани и плочи с кухини или касетираны плочи с гъсто разположение на ребрата (осовото разстояние между тях не превишава 1200 mm).

1.4. Конструктивните полета могат да бъдат квадратни или правоъгълни. Препоръчва се отношението на страните на полето да не превишава 1.5, за да се използва полезната височина на сечението пълноценно в двете посоки. По същата причина съседни отвори в едно направление не трябва да се различават с повече от 1/3 от по-големия отвор.

1.5. Колоните се разполагат по конструктивните оси. Допуска се изместване на колоната от оста до 1/10 от отвора по посока на изместването.

1.6. Дебелината на плочата се определя съгласно предписанията на т.9.

1.7. Минималната дебелина на плочата е 140 mm.

## 2. МАТЕРИАЛИ

2.1. Безгредовите подови конструкции могат да се изпълняват от обикновен бетон клас В15 и В20, а при отвори по-големи от 7200 - 8400 mm е препоръчително прилагането на бетон клас В25.

2.2. Армировъчните пръти могат да бъдат от стомана клас А-I, А-II и А-III, а при използване на заварени мрежи и клас В-I.

2.3. Характеристиките на бетона и стоманата се приемат съгласно "Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции".



### 3. ВЪЗМОЖНИ ОТВОРИ В ПЛОЧИТЕ

3.1. Големи отвори могат да се оставят в средата на полето, където се пресичат две средни ивици (определението на ивиците е дадено в т.4.4.8 и т.4.4.9).

3.2. В зоната на пресичане на надколонна и средна ивица размерите на отвора не трябва да превишават  $1/4$  от широчината на всяка ивица.

3.3. В зоните на пресичане на две надколонни ивици размерите на отвора не трябва да превишава  $1/10$  от широчината на всяка ивица.

3.4. В зоната на капителя или в зоната на продънване при липса на капител е препоръчително да се избягва оставянето на отвори.

3.5. Армировъчните пръти, прекъснати от отвора, се заместват от допълнителни пръти, поставени от двете страни на отвора и имащи сечение равностойно на това на прекъснатите пръти.

3.6. Допускат се и по-големи отвори от посочените в т.3.2. и т.3.3. при условие, че се вземат под внимание в изчислението.

### 4. СТАТИСТИЧЕСКО ИЗЧИСЛЯВАНЕ

4.1. За статистическо изчисляване на безгредови подови конструкции могат да бъдат използвани различни методи, при които са удовлетворени равновесните условия и геометричната съвместимост, ако е показано, че напреженията са по-малки от съответните съпротивления на материала и са изпълнени експлоатационните условия.

4.2. Конструкцията може да бъде изчислявана поотделно за вертикално и хоризонтално натоварване, след което се правят комбинации на усилията в отделните сечения съгласно "Норми за натоварвания и въздействия върху сгради и съоръжения" и "Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони"

4.3. За статическо изчисляване на безгредови подови конструкции могат да се приложат метода на заместващите рамки (греди) и директният метод, които са изложени в т.4.4. и т.4.5.

БСА

БСА

БСА

БСА



БСА

БСА

БСА

БСА



БСА

БСА

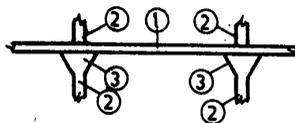
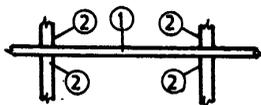
БСА

БСА

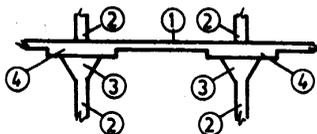


а. безредова безнапителна

б. безредова с капители



в. безредова с капители и удебеления на плочата



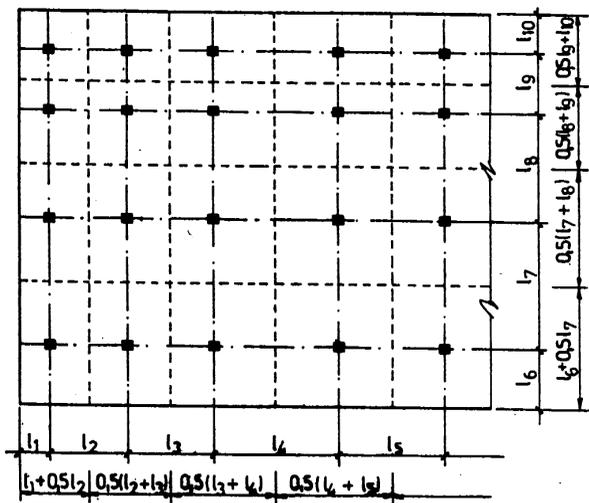
(1) плоча

(3) капител

(2) колона

(4) удебеление на плочата

фиг. 1. Видове безредови плочи



фиг. 2. Разпределение плочата на ивици





т.4.4.2. По отношение на коравините и натоварванията Важат указанията, дадени В т.4.4.4. и т.4.4.5.

4.4.7. Огъващите моменти, получени за заместващите рамки (греди), се разпределят в плочата по ивици. Ивиците са над-колонни и средни.

4.4.8. Надколонната ивица се състои от две полуивици, минаващи от двете страни на оста между колоните и имащи ширина, съставляваща 1/4 от страната на полето, перпендикулярна на разглежданото направление. При крайна ос широчината на външната полуивица обхваща разстоянието от оста до ръба на плочата, минаващ успоредно на оста (фиг.3,а).

За плочи с удебеления, при които по-малката им страна е не по-малка от 1/3 от по-малката страна на полето, надколонните ивици имат ширина, равняваща се на съответната страна на удебелението (фиг.3,б).

4.4.9. Средната ивица има ширина, съставляваща 1/2 от страната на полето, перпендикулярна на разглежданото направление (фиг.3,а).

За плочи с удебеления съгласно т.4,4.8. широчината на средната ивица е разликата между страната на полето и полусбора на широчините на надколонните ивици (фиг.3,б).

4.4.10. Моментите в различните сечения на надколонната ивица се определят като се умножават моментите в заместващата рамка (гредя) за същите сечения по разпределителните коефициенти, дадени в таблица 1 - стойностите в числител.

Използваните в таблица 1 означения имат следния смисъл:

$l_1$  - страна на полето в разглежданото направление;

$l_2$  - страна на полето напречно на разглежданото направление;

$$\alpha_1 = \frac{E_{bb}J_b}{E_{bf}J_f}$$

$\alpha_1$  - отношение на коравината на огъване на гредата между колоните в разглежданото направление към коравината на огъване на плочата;

$E_{bb}$  - еластичен модул на бетона на гредата;

$E_{bf}$  - еластичен модул на бетона на плочата;







осма на "Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции";

$J_1$  - инерционен момент на бетонното сечение на плочата в разглежданото направление (по  $l_1$ ) за широчина  $l_2$  от среда на поле до среда на поле или полусбора на страните напречно на разглежданото направление, ако са различни; при наличие на греда между колоните в разглежданото направление, тя участва в общото сечение.

4.4.11. Когато в надколонната ивица има греда между колоните, тя поема част от момента, предназначен за надколонната ивица, представляващ:

0% при  $\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$ ;

85% при  $\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$ ;

за междинни стойности - от 0 до 1.0 се прави линейна интерполация за процента.

4.4.12. Моментите в различните сечения на средната ивица се определят като се умножават моментите в заместващата рамка (греда) за същите сечения по разпределителните коефициенти, дадени в таблица 1 - стойностите в знаменател. Моментът се разпределя поравно между половините от средната ивица, намиращи се от двете страни на надколонната ивица.

4.4.13. Средната ивица се оразмерява за сбора от моментите от двете и половини.

4.4.14. За гладка плоча (без греди) при ставно опирание върху колоните, разпределителните коефициенти в проценти са следните:

Ивица	Подпора	Поле
Надколонна	75	25
Средна	60	40

4.5. Директен метод.

4.5.1. Директният метод за определяне на усилията може да се използва при следните условия:



Разпределителни коефициенти за надколонна  
и средна ивица в %

Таблица 1

Разположение на сечението	Условия на подпиране	$\beta$	$l_2/l_1$		
			0.5	1.0	2.0
1. Вътрешни подпори	А. Без греда между колоните. $\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	-	$\frac{75}{25}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{75}{25}$
	Б. С греда между колоните $\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$	-	$\frac{90}{10}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{45}{55}$
2. Външни подпори	А. Без греда между колоните $\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	-	$\frac{100}{0}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{100}{0}$
		2.5	$\frac{75}{25}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{75}{25}$
	Б. С греда между колоните. $\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$	-	$\frac{100}{0}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{100}{0}$
		2.5	$\frac{90}{10}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{45}{55}$
3. В полето	А. Без греда между колоните $\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	-	$\frac{60}{40}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{60}{40}$
	Б. С греда между колоните. $\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$	-	$\frac{90}{10}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{45}{55}$

ЗАБЕЛЕЖКИ КЪМ ТАБЛИЦА 1:

1. В числител са стойностите за надколонна ивица, а в знаменател за средна ивица.
2. Допуска се линейна интерполация на стойностите.
3. Когато надколонната ивица е по контура на плочата, разпределителните коефициенти за същата ивица се увеличават като към тях се прибавя половината от стойностите на разпределителните коефициенти за средната ивица.





- полетата са правоъгълни и отношението на страните им не е по-голямо от 2.0; ,

- съседните отвори в едно направление не се различават с повече от 1/3 от по-голямата страна;

- във всяка посока (надлъжна или напречна) има поне по три полета;

- товарът е вертикален и равномерно разпределен или приведен към равномерно разпределен, полезният товар не превишава повече от 3 пъти постоянния товар;

- колоните не отстъпват спрямо пресечните точки на конструктивните оси с повече от 1/10 от отвора на полето по направление на отстъпа;

4.5.2. Сумата от абсолютните стойности на положителните моменти и полусбора на отрицателните моменти във всяка посока се определя по формулата

$$M_0 = \frac{q l_2 l_0^2}{8}, (1)$$

в която  $q$  е пълн равномерно разпределен изчислителен товар на единица площ в  $\text{kN/m}^2$  ;

$l_2$  - страна на полето напречно на разглежданото направление, при различни съседни страни се приема средно аритметично от двете, изразява се в  $\text{m}$ ;

$$l_0 = l_1 - 0.67c_1$$

$l_0$  - приведен отвор  $b$  разглежданото направление, изразява се в  $\text{m}$ ;

$l_1$  - страна на полето в разглежданото направление, когато съседните полета имат различни страни, за определяне на отрицателните моменти се приема по-голямата , изразява се в  $\text{m}$ ;

$c_1$  - страна на напречното сечение на колоната или капитела в разглежданото направление в  $\text{m}$ ;

4.5.3. Общият момент по (1) в дадена посока се разпределя както следва:

а) при вътрешни полета

65% за отрицателни моменти,

35% за положителни моменти;

б) при крайни полета - по таблица 2.

Разпределителни коефициенти 5 %  
за моменти при крайни полета

Таблица 2

Моменти	Външният край не е запънат	Плочата е с греди между всички подпори	Плочата е без греди между вътрешните подпори		Външният край е напълно запънат
			без крайна греда	с крайна греда	
Вътрешен отрицателен	75	70	70	70	65
Положителен	63	57	52	50	35
Външен отрицателен	0	16	26	30	65

ЗАБЕЛЕЖКА: Отделните случаи в таблица 2 са показани на фиг.7

4.5.3. Получените моменти над подпорите и в полето се разпределят по надколонните и средните ивици както при метода на заместващите рамки като се ползват коефициентите от таблица 1.

4.5.4. Моментите в полето и над подпорите могат да бъдат променяни до 10 % като се спазва условието полусбора на абсолютната стойност на отрицателните момент и положителния момент да не бъде по-малка от  $M_0$  по (1) в съответната посока.

4.5.5. Гредите между колоните поемат напречна сила, равняваща се на сумата от вертикалния товар, разположен над тях, и от площта, намираща се между правите, прекарвани под  $45^\circ$  спрямо ъглите на полето и стигащи до средите на съседните полета (фиг.8).

## 5. ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА СЕЧЕНИЯТА НА ПЛОЧАТА ЗА ПОЕМАНЕ НА ОГЪВАЩИТЕ МОМЕНТИ

5.1. Сеченията на плочата се оразмеряват на огъване или нецентричен натиск (опън) съгласно "Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции" и "Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони". Оразмеряването се извършва отделно за надколонни и средни ивици.

5.2. При наличие на греди между колоните те се оразмеряват отделно за припадащите им се усилия - огъващ момент, нормална и напречна сила съгласно споменатите в т.5.1. нормативни документи.

5.3. Когато крайният ръб на едно поле е подпрян, сечението на армировката в надколонната и средната ивица, минаващи успоредно на подпрения край, може да се намали с 25% при условие, че за статическото изчисляване е използван метода на Заместващите рамки (греди).

5.4. Ако между вътрешните колони има носеща стена (шайба), армировката за положителен момент в надколонната ивица и прилежащите средни ивици, минаващи успоредно на стената, може да се намали с 25% за участъка между колоните, ако е използван за статическо изчисляване методът на заместващите рамки (греди).

5.5. Армировката при подпора на средна ивица, минаваща напречно над носеща стена (шайба), трябва да се увеличи със 75% спрямо определената, ако за статическо изчисляване е използван методът на заместващите рамки (греди).

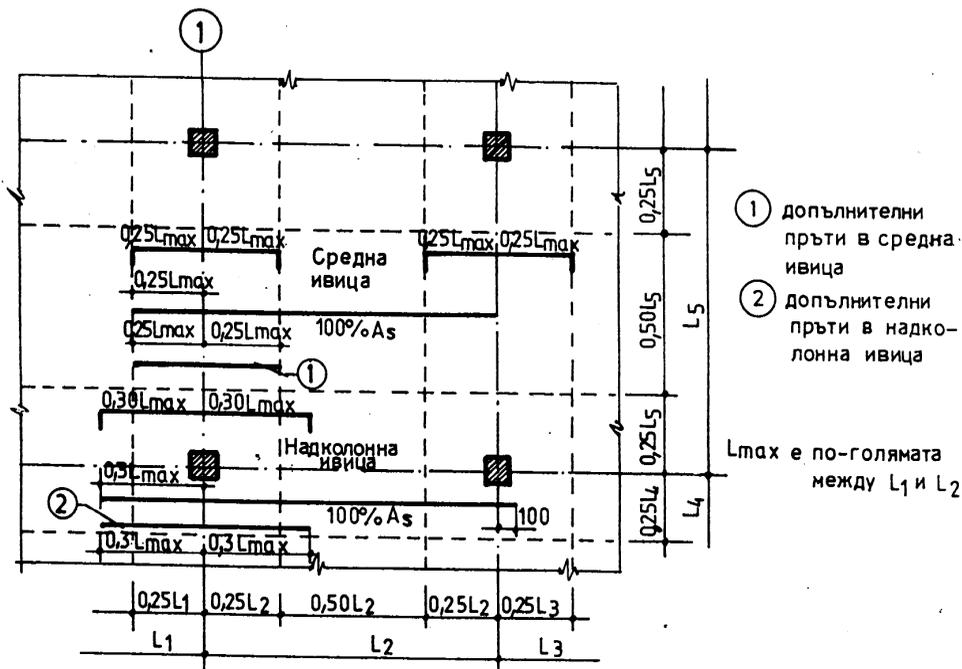
## 6. КОНСТРУИРАНЕ НА АРМИРОВКАТА ЗА ОГЪВАНЕ

6.1. Получената за дадено сечение армировка се отнася за цялата ширина на ивицата - надколонна и средна.

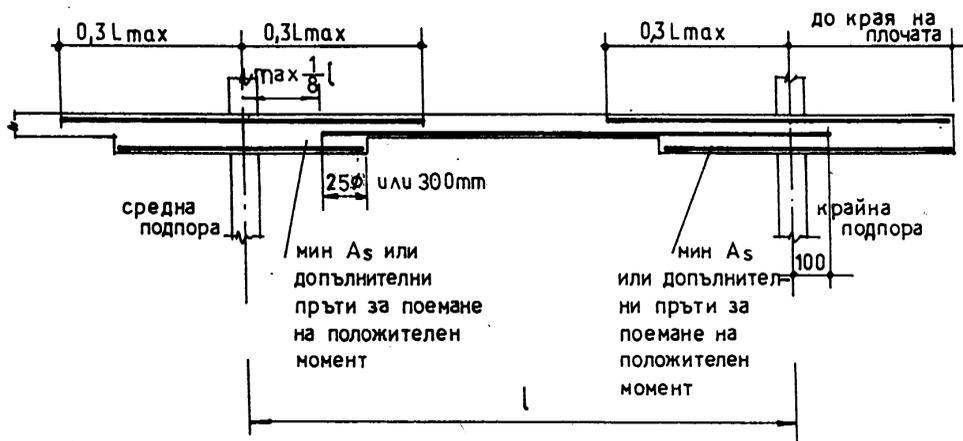
6.2. При надколонни ивици е препоръчително да се направи следното разпределение на армировката:

а) положителни моменти - половината от сечението се поставя в зона с ширина 500-600 mm, симетрично спрямо оста, а останалата половина се разпределя равномерно в страничните части на ивицата;





фиг.10 Разполагане на армировката при положителен момент над подпора по ос (1)



фиг.11 Армировка на надколонна ивица с удебеления над подпорите

б) отрицателни моменти - половината от сечението на армировката минава над зоната на продънване при изчисляване по метода на заместващите рамки (греди) или в ивицата с ефективна ширина съгласно т.7.2. и се използва за предаване на огъващ момент на колоните при прилагане на метода на заместващите рамки, а останалата половина се разпределя в страничните части на ивицата.

6.3. Армировката за положителни моменти (долната армировка) се изпълнява от прави пръти. В надколонните ивици те трябва да излизат извън оста, ограничаваща полето, със 100 mm. В средните ивици прътите, стигат до оста. При малки полета прътите могат да минават непрекъснато през две или повече полета.

В първи ред се поставят прътите, ориентирани по направление на по-дългата страни на полето. За всички полета от една плоча прътите от първи ред трябва да са в една посока.

6.4. При средни полета за поемане на положителни моменти е възможно използване на по-къси пръти като половината от тях стигат до едната ос, а другата половина - до срещуположната ос. Това се отнася за прътите в средната и надколонна ивица без зоните, в които има сгъстяване на армировката съгласно т.6.2. Примерно нареждане на армировката (без зоните със сгъстяване) е показано на фиг.9.

6.5. Армировката за отрицателни моменти (усилители) се изпълнява от прави пръти с огънати под  $90^\circ$  краища при плочи с неголяма дебелина 140 - 180 mm и с прави пръти и столчета при дебели плочи. Дължината на прътите е следната:

а) при надколонна ивица - 60% от дължината на по-голямата от страните на полетата, в които те се разполагат, като прътите се поставят симетрично спрямо оста;

б) при средна ивица - 50% от дължината на по-голямата страна и също симетрично спрямо оста.

Прътите в зоните със сгъстяване съгласно т.6.2. имат дължини както прътите в останалата част на надколонната ивица. Примерно разположение на горната армировка е показано на фиг.9.

Първо се нареждат усилителите по посока на по-малката страна на полето, а над тях се поставят тези, които са ориентирани по дългата страна на полето. За всички подпори от една



плоча усилителите, нареждани първи, трябва да имат една и съща посока.

6.6. При значителни разлики в страните на съседните полета, както и в натоварванията им, дължината на усилителите трябва да се съобразява с покритието на моментната диаграма.

6.7. Минималното сечение на армировката за положителни моменти се определя както следва:

а) при действие само на вертикален товар - минимален процент на армиране 0.05 или  $5 \phi 6.5$  на линеен метър, взема се по-голямото от двете;

б) при действие на вертикален и хоризонтален товар - минимален процент на армиране  $140/R_{sn}$ ,  $R_{sn}$  е нормативна якост на стоманата в МРа.

Процентът на армиране не може да бъде по-малък от приетия при определяне на дебелината на плочата - т.9.2.

6.8. При плочи, поемащи вертикален и хоризонтален товар, е възможно за подпорите да се появи и положителен момент. В този случай армировката на полето се удължава както следва:

а) при надколонни ивици - 30% от по-голямата страна от страните на двете съседни полета;

б) при средни ивици - 25% от същата страна;

Удължението е при подпората, където се появява положителен момент.

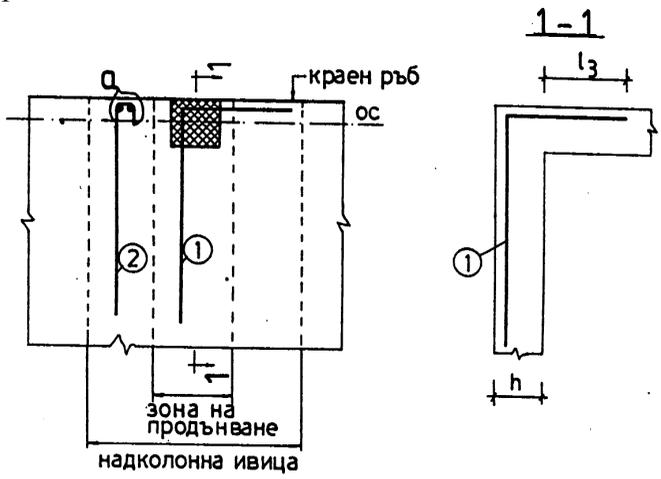
При недостатъчно сечение на армировката от полето, към нея се добавят допълнителни пръти, които имат дължината на усилителите по т.6.5. или са съобразени с покритието на моментната диаграма. В този случай не се прилагат скъсени пръти съгласно т.6.4.

Примерно разполагане на армировката при подпора с положителен момент е показано на фиг.10.

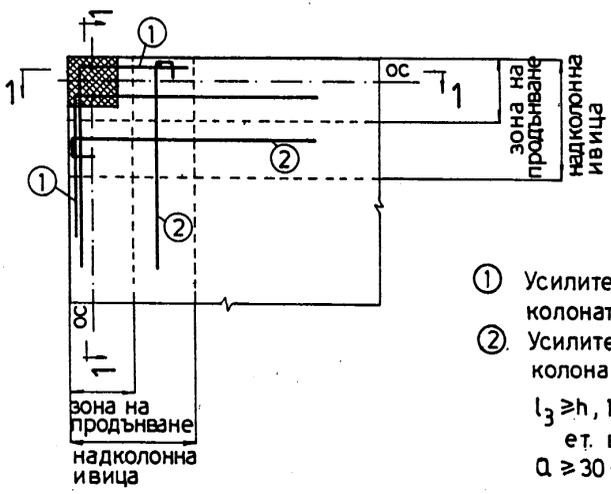
6.9. За плочи с удебеления над подпорите долните пръти в надколонната ивица, които минават през удебелението, при вътрешна подпора спират на разстояние от края на удебелената зона  $25\phi$  или 300 mm (взема се по-голямото), при крайни подпори прътите стигат до оста на полето (фиг.11). При вътрешни подпори разстоянието от оста на полето до края на пръта не трябва да бъде по-голямо от  $1/8$  от отвора в разглежданото направление.



а) крайна колона



б) ъглова колона



- ① Усилители, закотвени в колоната.
  - ② Усилители, незакотвени в колоната.
- $l_3 \geq h, 1/6$  от светлата  
ет. височина, 450 mm.  
 $d \geq 30 d, 450$  mm.

фиг.12 Усилители при крайни и ъглови колони при поемане на земетръс и корава връзка между плочата и колоната







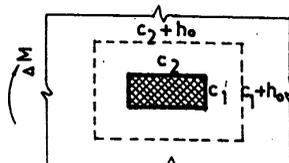
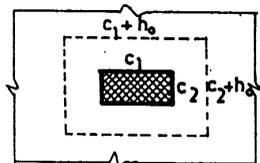








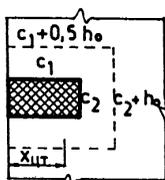
а) вътрешна колона



$$\text{мин } W_e = \frac{(c_1 + h_0)^2}{3} + (c_1 + h_0)(c_2 + h_0)$$

$$J = \frac{(c_1 + h_0)^3}{6} + \frac{(c_2 + h_0)(c_1 + h_0)^2}{2}$$

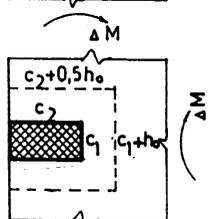
б) крайна колона



$$x_{\text{цт}} = \frac{0,5(c_1 + 0,5h_0)^2 + (c_1 + 0,5h_0)(c_2 + h_0)}{2c_1 + c_2 + 2h_0}$$

$$J = \frac{(c_1 + 0,5h_0)^3}{6} + 2(c_1 + 0,5h_0) \left( \frac{c_1 + 0,5h_0}{2} - x_{\text{цт}} \right)^2 + (c_2 + h_0)(c_1 + 0,5h_0 - x_{\text{цт}})^2$$

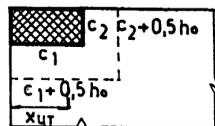
$$\text{мин } W_e = J / x_{\text{цт}}$$



$$J = \frac{1}{12}(c_1 + h_0)^3 + (c_2 + 0,5h_0) \frac{(c_1 + h_0)^2}{2}$$

$$\text{мин } W_e = \frac{(c_1 + h_0)^2}{6} + (c_1 + h_0)(c_2 + 0,5h_0)$$

в) ъглова колона



$$x_{\text{цт}} = \frac{0,5(c_1 + 0,5h_0)^2 + (c_1 + 0,5h_0)(c_2 + 0,5h_0)}{c_1 + c_2 + h_0}$$

$$J = \frac{(c_1 + 0,5h_0)^2}{12} + (c_1 + 0,5h_0) \left( \frac{c_1 + 0,5h_0}{2} - x_{\text{цт}} \right)^2 + (c_2 + 0,5h_0)(c_1 + 0,5h_0 - x_{\text{цт}})^2$$

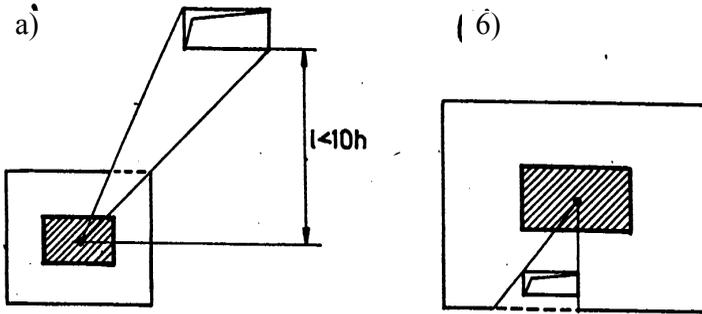
$$\text{мин } W_e = J / x_{\text{цт}}$$

- контур на колоната,
- контур на средната основа на пирамидата на продъване
- $c_1$  - страна на колоната или на горната основа на капителя по направление на действието на неуравновесения момент,
- $c_2$  - другата страна на колоната или на горната основа на капителя

фиг.16 Определяне на мин  $W_e$  и  $J$   
при различни видове колони

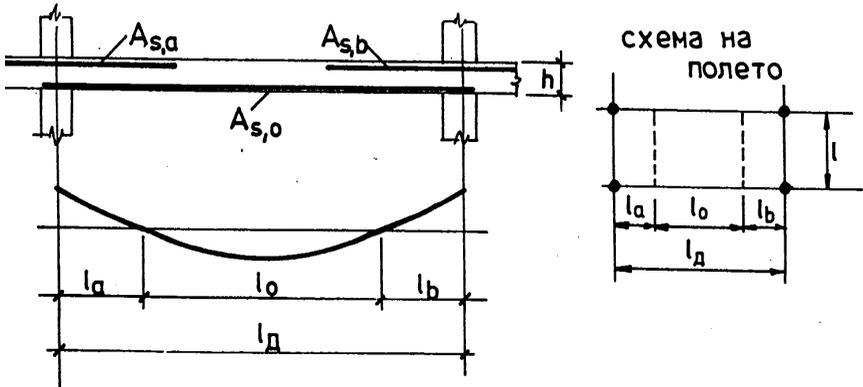






— периметър на продънване  
 --- част, която се изважда  
 $h$  — дебелина на плочата

фиг.17. Намаляване на периметъра на продънване при наличие на отвори



фиг.18. Зони на армировката

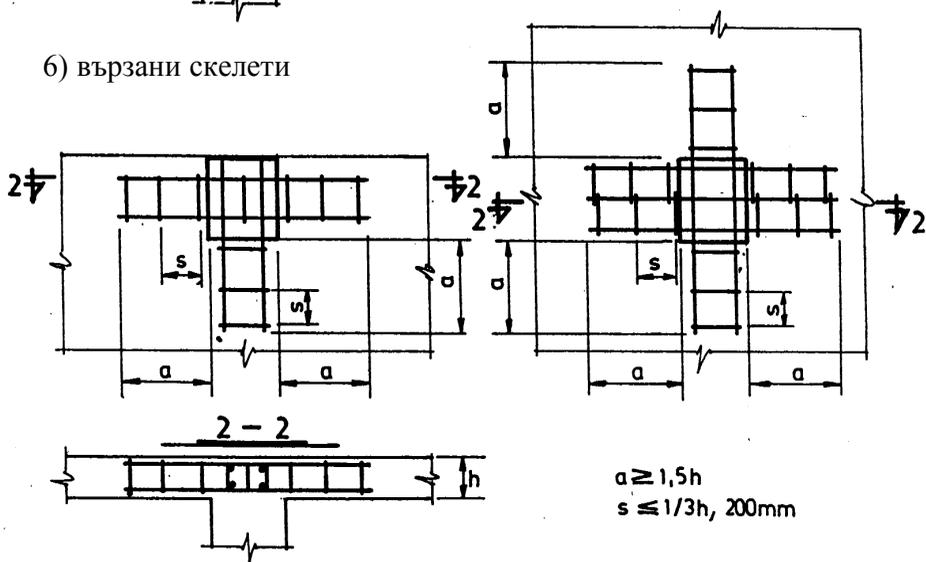




а) заварени скелети



б) вързани скелети

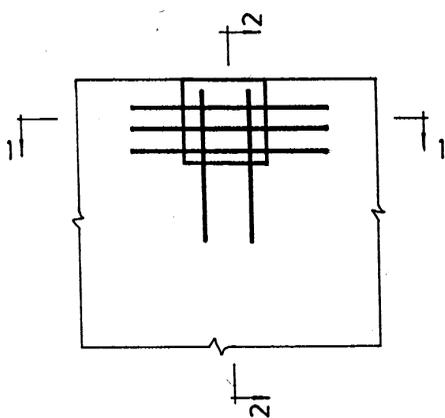


фиг.19 Напречна армировка, поставяна в зоната на продъвяване - стремена

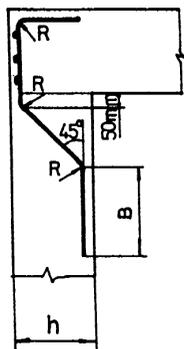




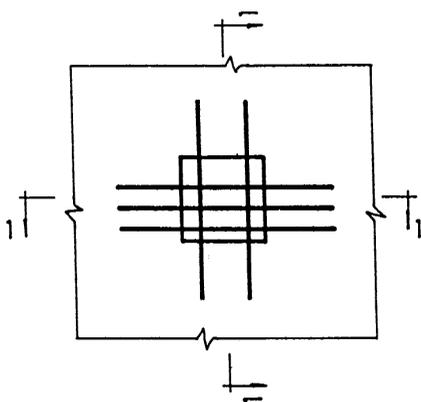
Крайна колона



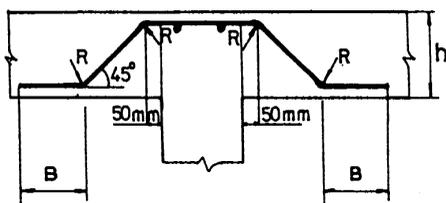
2 - 2



Вътрешна колона



1 - 1



$$R = 10 d$$

$$B \geq l_{an}, 20 d$$

d - диаметър на пръта

фиг.20 Напречна армировка,поставена в зоната на продънване - кобилицы

Стойности на коефициента  $k_p$  във формула (3)

Таблица 3

$\frac{c_1}{c_2}$	Вид на колоната			
	Вътрешна	крайна		Ъглова
		ΛМ действия перпендикулярно на крайния ръб на плочата	ΛМ действия по посока на крайния ръб на плочата	
0.25	1.04	1.67	1.02	1.00
0.30	1.04	1.70	1.02	
0.40	1.06	1.75	1.03	
0.50	1.07	1.80	1.04	
0.60	1.08	1.82	1.04	
0.75	1.10	1.80	1.05	
1.00	1.13	1.78	1.07	
1.25	1.15	1.70	1.08	
1.50	1.17	1.67	1.10	
1.75	1.19	1.64	1.11	
2.00	1.20	1.62	1.12	
2.25	1.22	1.60	1.13	
2.50	1.23	1.59	1.14	
3.00	1.25	1.57	1.16	
3.50	1.28	1.55	1.18	
4.00	1.29	1.54	1.19	

$c_1$  - страна на сечението на колоната или на горната основа на капителя по посока на действие на неуравновесения момент;

$c_2$  - страна на сечението на колоната или на горната основа на капителя в другата посока;

**ЗАБЕЛЕЖКИ:** 1. Възможна е линейна интерполация.

2. За крайните колони при действие на моменти перпендикулярно на крайния ръб на плочата трябва да се провери условие (4). Ако то не е изпълнено, се приема  $k_p = 1.0$ .



$\mu = \mu_a \cdot l_a / l_g + \mu_0 \cdot l_0 / l_g + \mu_b \cdot l_b / l_g$ , усреднен процент на армиране за опорите и полето;

$\mu_n$  - проценти на армиране съответно на лява опора -  $n=a$ , поле -  $n=0$  и дясна опора -  $n=b$ , всеки от тях се изчислява по формулата:

$$\mu = \frac{A_s}{h_0 l}, \quad (6)$$

в която  $A_s$  е сечение на армировката за цялата широчина  $l$  (по-малката страна на полето) за съответната зона;

$h_0$  - полезна височина в см;

$l$  - зони, в които се простира армировката при лява опора -  $n=a$ , поле -  $n=0$  и дясна опора -  $n=b$  (фиг.18) в см;

В посока на сигурността е, ако за процент на армиране се приеме процентът на армиране в полето  $\mu_0$ .

За определяне на коефициентите  $A$  и  $C$  предварително се приема дебелината на плочата по т.9.6. След изчисляване на необходимата дебелина по (5), ако тя се различава значително от приетата, се прави втора итерация като за дебелината на плочата се приема получената стойност от първата итерация. Процеса на изчисляване е бързо сходящ - обикновено са необходими 2 итерации и по-рядко 3 или 4.

Процентът на армиране в полето може да се избере в икономичните граници 0.3 - 0.6%. При подпорите той е около 1.7 - 2.0 пъти по-голям.

9.2. Ако по изчисление за якост се получи по-малък процент на армиране от приетия при определяне дебелината на плочата по (5), сечението на армировката трябва да се увеличи и да се достигне процентът на армиране, използван в (5). В противен случай допустимите деформации могат да бъдат превишени.

9.3. Ако е необходимо по архитектурни и конструктивни съображения да бъде използвана определена дебелина на плочата, за гарантиране непревишаването на гранично допустимите провисвания е необходимо да се спази минималният процент на армиране за тази дебелина на плочата. Определянето му става по следния начин:

- предварително се приема процент на армиране;





## Стойност на с

Таблица 4

Вид на полето	с
1. Средно	1.0
2. Крайно $\lambda = l_g/1$	
а) дългата страна външна	$\frac{\lambda^4 + 2}{\lambda^4 + 1}$
б) късата страна е външна	$\frac{\lambda^4 + 2}{\lambda^4 + 1}$
3. Ъглово	2.2

**ЗАБЕЛЕЖКА:** Ако в полета №2 или №3 има конзоли при външните страни може да се смята, че полето от №2 става №1 или от №3 става №2 или №1.

## Стойност на æ

Таблица 5

$l_g/1$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.0
æ	58	49	43	39	36	34	30

## Стойност на К

Таблица 6

$l_g$ (m)	$\leq 6.0$	6.3	6.6	6.9	7.2	$\geq 7.5$
К	200	210	220	230	240	250





Стойност на  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ 

Процент на армиране $\mu$	Коефициенти		
	$K_1$	$K_2$	$K_3$
0.2	5.5	15.1	74.6
0.3	6.1	13.9	70.9
0.4	6.4	12.7	67.1
0.5	6.7	11.7	63.7
0.6	7.0	10.9	61.4
0.7	7.15	10.2	59.0
0.8	7.3	9.54	56.8
0.9	7.4	9.0	55.2
1.0	7.5	8.5	53.5
1.1	7.6	8.1	52.2
1.2	7.65	7.7	50.9
1.3	7.7	7.3	49.7
1.4	7.77	7.0	48.6
1.6	7.86	6.4	46.8
2.0	7.94	5.3	42.4



## 10. ПРИМЕРИ

### Пример 1 Метод на заместващите рамки

Административна сграда с 4 етажа и сутерен с конструктивни височини съответно 3.20m и 2.60m има разпределението, показано на схема 1.а. Стените са тухлени с дебелина 25cm, означени с надлъжни успоредни линии, и 12cm - означени с плътни линии. Колоните имат квадратно сечение със страна 60cm. Подовата конструкция е приета като гладка плоча с дебелина 22cm. По оси 2 и 6 има греди със сечение 25/60cm. Използва се бетон клас В15 и стомана клас А-I за диаметри на прътите до 10mm включително и клас А-III за по-големи диаметри. Полезният товар е  $2\text{kN/m}^2$  за пометения и  $3\text{kN/m}^2$  за коридора и стълбището. Сградата се намира в район със сеизмичен коефициент 0.15, почвата е от II група.

### Пример 1.а Разделяне на конструкцията на рамки

В напречна посока се получават 6 броя триотворни 5-етажни рамки по оси от 1 до 6. В надлъжна посока рамките са следните:

- по ос А - два броя двуотворни 5 - етажни, съответно между колони К1 - К3 и К4 - К6;

- по оси Б, В, Г - 3 броя 5-отворни 5-етажни рамки. Широчини на ивиците от плочата, които се включват към съответните рамки:

- по ос 1 и 6  $12.5+0.5 \times 600=312.5\text{cm}$ ;

- по ос 2 и 5 600cm;

- по ос 3 и 4 за частта от К21 до стълбищната клетка  $0.5(600+540)=570\text{cm}$ ,  
за частта до отвора на стълбищната клетка  $0.5 \times 600+120=420\text{cm}$ ;

- по ос А между колони 1 и 2  $0.5 \times 480+120=360\text{cm}$ ,  
между колони 2 и 3  $0.5 \times 480+60=300\text{cm}$ ;

- по ос Б между колони 7-8-9 и 10-11-12 480cm,  
между колони 9 и 10 за частта на отвора при стълбището  $0.5 \times 480+ 50=290\text{cm}$ ;

- по ос В 480cm;





Понеже полезният товар е по-малък от  $4\text{kN/m}^2$ , усилията ще бъдат определени за натоварване на всички полета с пълния равномерно разпределен товар.

Ивични товари

- от лоджия  $3.125 \times 10.8 = 33.75\text{kN/m}$   
 - стена  $25\text{cm} \quad 14.30\text{kN/m}$   
 - греда  $(0.60-0.22)0.25 \times 25 \times 1.1 = 2.61\text{kN/m}$

---


$$q_1 = 50.66\text{kN/m}$$

- от помещение  $3.125 \times 10.0 = 31.25\text{kN/m}$   
 - стена  $25\text{cm} \quad 14.30\text{kN/m}$   
 - греда  $2.61\text{kN/m}$

---


$$q_2 = 48.16\text{kN/m}$$

- от стена  $12\text{ cm} \quad 9.8 \times 1.2 / 6.0 = 1.96\text{kN/m}$

---


$$q_3 = 50.12\text{kN/m}$$

Концентрирани товари

- от парапети  $2.9 \times 2.5 \quad P_1 = 7.25\text{kN/m}$   
 - стена  $25\text{cm} (6 \times 2.98 - 0.8 \times 2.8 - 4 \times 1.8) \times 5 \times 1.1 \times 0.5 \quad P_2 = 23.20\text{kN/m}$   
 - стена  $12\text{cm} \quad 4.8 \times 9.8 \times 3.6 / 6.0 \quad P_3 = 28.20\text{kN/m}$

Натоварване на ивицата по ос 2 (схема 3)

Ивични товари

- от лоджия  $3.0 \times 10.8 = 32.40\text{kN/m}$   
 - от помещение  $3.0 \times 10.0 = 30.00\text{kN/m}$   
 - стена  $25\text{cm} \quad 16.40\text{kN/m}$

---


$$q_1 = 78.80\text{kN/m}$$

- от помещения  $6.0 \times 10.0 = 60.00\text{kN/m}$   
 - стена  $12\text{cm} \quad 9.80\text{kN/m}$

---


$$q_2 = 69.80\text{kN/m}$$

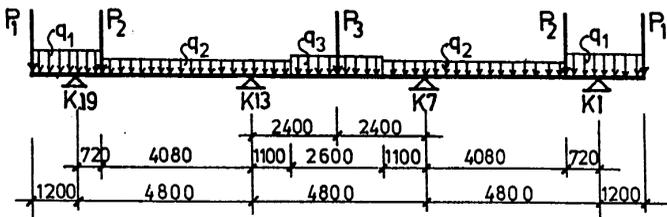
- от помещения  $1.8 \times 10.0 = 18.00\text{kN/m}$   
 - от коридор  $(1.2 + 3.0) \times 11.3 = 47.50\text{kN/m}$   
 - стена  $12\text{cm} \quad 9.8 \times 4.8 / 6.0 = 7.80\text{kN/m}$

---


$$q_3 = 73.30\text{kN/m}$$

- към  $q_1$  и  $q_2$  се прибавя товар от стена

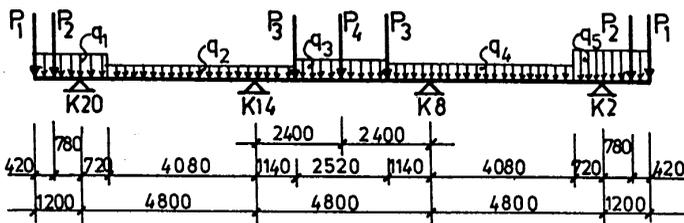




$q_1 = 50,7 \text{ kN/m}$	$P_1 = 7,25 \text{ kN}$
$q_2 = 48,2 \text{ kN/m}$	$P_2 = 23,2 \text{ kN}$
$q_3 = 50,1 \text{ kN/m}$	$P_3 = 28,2 \text{ kN}$

Схема 2 Натоварване на ивицата по ос ①

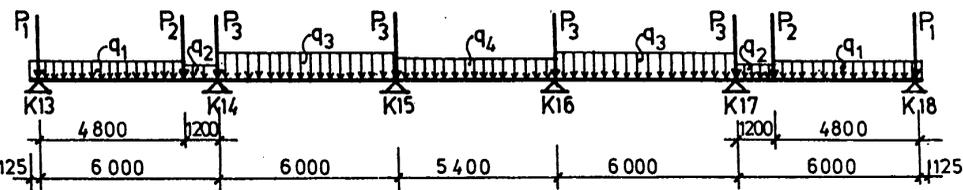
БСА БСА БСА БСА БСА



$q_1 = 78,8 \text{ kN/m}$	$P_1 = 7,25 \text{ kN}$
$q_2 = 69,8 \text{ kN/m}$	$P_2 = 23,2 \text{ kN}$
$q_3 = 73,3 \text{ kN/m}$	$P_3 = 29,4 \text{ kN}$
$q_4 = 71,8 \text{ kN/m}$	$P_4 = 18,8 \text{ kN}$
$q_5 = 80,8 \text{ kN/m}$	

Схема 3 Натоварване на ивицата по ос ②

БСА БСА БСА БСА БСА



$q_1 = 52,9 \text{ kN/m}$	$P_1 = 68,6 \text{ kN}$
$q_2 = 50,1 \text{ kN/m}$	$P_2 = 5,9 \text{ kN}$
$q_3 = 58,4 \text{ kN/m}$	$P_3 = 35,3 \text{ kN}$
$q_4 = 58,3 \text{ kN/m}$	

Схема 4 Натоварване на ивицата по ос ③

БСА БСА БСА БСА БСА



$$9.8 \times 1.2 / 6.0 = 1.96 \text{ kN/m},$$

$$q_4 = 69.8 + 1.96 = 71.8 \text{ kN/m},$$

$$q_5 = 78.8 + 1.96 = 80.8 \text{ kN/m}.$$

Концентрирани товари

- от парапети	2.9x2.5	$P_1 = 7.25 \text{ kN}$
- стена 25cm	$(6 \times 2.98 - 0.8 \times 2.8 - 4 \times 1.8) \times 5 \times 1.1 \times 0.5$	$P_2 = 23.20 \text{ kN}$
- от стена 12cm	$(3.0 \times 2.98 - 0.9 \times 2.0) \times 3 \times 1.1$	$= 23.56 \text{ kN}$
	$(1.2 \times 2.98 - 0.9 \times 2.0) \times 3 \times 1.1$	$= 5.86 \text{ kN}$
		<hr/>
		$P_3 = 23.20 \text{ kN}$
- стена 12cm	4.8x9.8x2.4/6.0	$P_4 = 18.80 \text{ kN}.$

Натоварване на ивицата по ос В (схема 4)

Ивични товари

- от помещения		$4.8 \times 10.0 = 48.00 \text{ kN/m}$
- стена 12cm		$9.8 \times 0.5 = 4.90 \text{ kN/m}$
		<hr/>
		$q_1 = 52.90 \text{ kN/m}$

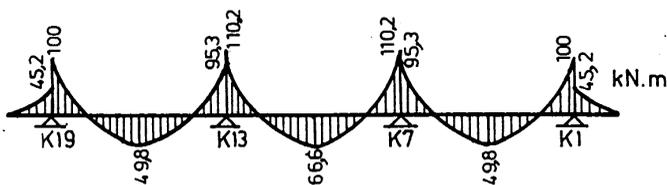
- от помещения		$3.6 \times 10.0 = 36.00 \text{ kN/m}$
- от коридор		$1.2 \times 11.3 = 13.60 \text{ kN/m}$
- стена 12cm	$\frac{(1.2 \times 2.98 - 0.9 \times 2.0) \times 3.0 \times 1.1}{1.2}$	$= 50 \text{ kN/m}$
		<hr/>
		$q_2 = 52.90 \text{ kN/m}$

- от помещение		$3.6 \times 10.0 = 36.00 \text{ kN/m}$
- от коридор		$1.2 \times 11.3 = 13.60 \text{ kN/m}$
- стена 12cm	$\frac{(6.0 \times 2.98 - 0.9 \times 2.0) \times 3.0 \times 1.1}{6.0}$	$= 8.80 \text{ kN/m}$
		<hr/>
		$q_3 = 58.40 \text{ kN/m}$

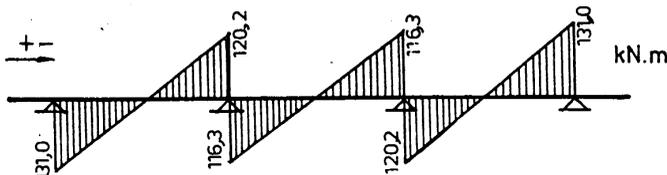
- от помещение		$3.6 \times 10.0 = 36.00 \text{ kN/m}$
- от коридор		$1.2 \times 11.3 = 13.60 \text{ kN/m}$
- стена 12cm	$\frac{(5.4 \times 2.98 - 0.9 \times 2.0) \times 3.0 \times 1.1}{5.4}$	$= 8.70 \text{ kN/m}$
		<hr/>
		$q_4 = 58.30 \text{ kN/m}$





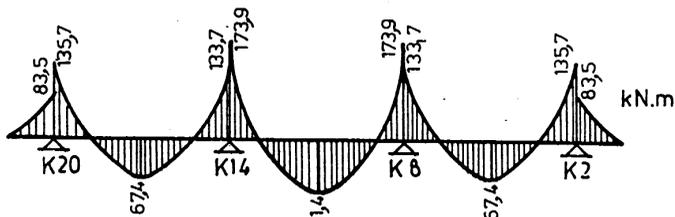


а) вертикален товар

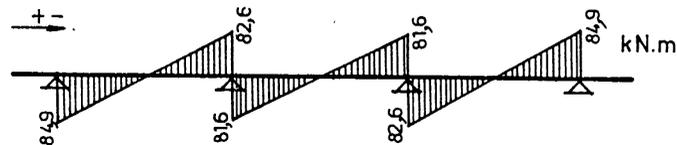


б) хоризонтален товар - земетръс

Схема 5 Огъващи моменти в ригела на заместваща рамка по ос (1) плоча над I етаж



а) вертикален товар



б) хоризонтален товар - земетръс

Схема 6 Огъващи моменти в ригела на заместваща рамка по ос (2), плоча над I етаж



### Пример 1.г Статическо изчисляване

Извършено е на ЕИМ за вертикалните товари по схеми 2, 3 и 4. Определянето на натоварването от хоризонтални сили (земетръс) не е предмет на настоящото ръководство и за това не е показано.

Разрезните усилия за плочата над първи етаж, при която моментите са по-големи, са показани на схема 5, 6 и 7 съответно за рамките по оси 1, 2 и В.

### Пример 1.д Разпределяне на моментите по ивици

Ще бъдат определени разпределителните коефициенти за рамките по оси 1, 2 и В. По ос 1:

- между колони 19 и 13 - полето е външно, има греда между колоните

$$b_f = 25 + 6 \times 22 = 157 \text{ cm},$$

$$b_f \leq 25 + 480 / 6 = 105 \text{ cm},$$

приема се  $b_f = 105 \text{ cm}$ , инерционният момент е  $J_b = 8.13 \times 10^5 \text{ cm}^4$ , инерционният момент на плочата, определен за широчина

$$3.125 - 1.05 = 2.075 \text{ m},$$

$$e J_f = 1/12 \times 207.5 \times 22^3 = 1.84 \times 10^5 \text{ cm}^4,$$

$$\alpha_1 = \frac{8.13 \times 10^5}{1.84 \times 10^5}, \quad \beta = 0$$

$$l_2 = 600 \text{ cm}, \quad l_1 = 480 \text{ cm},$$

$$\alpha_1 \times l_2 / l_1 = 5.51 > 1.0$$

по таблица 1 за  $l_2/l_1 = 1.25$  коефициентите са следните:

	надколонна ивица	средна ивица
външна подпора	67.5+16.25*	16.25
(приема се като вътрешна понеже има конзола)		
поле	67.5+16.25*	16.25
вътрешна подпора	67.5+16.25*	16.25;





- между колони 13 и 7 - полето е вътрешно с греди между колоните, характеристиките са както при полето между колони 19 и 13,

по таблица 1	надколонна ивица	средна ивица
за подпорите и полето	67.5+16.25*	16.25

- между колони 7 и 1 коефициентите са както при полето между колони 19 и 13,

- определяне на частта от момента в надколонната ивица, който се поема от гредата

$$\alpha_1 x l_2 / l_1 = 5.51 > 1.0$$

по т.4.4.11 85% от момента в подпорите или полето се поема от гредите. По ос 2:

- между колони 20 и 14 - полето е без греда между колоните,

$$l_2 / l_1 = 1.25,$$

понеже има конзола, външната подпора се разглежда като вътрешна,

по таблица 1 коефициентите са:

	надколонна ивица	средна ивица
подпора	75	25
поле	60	40

- за другите отвори на гредовата ивица коефициентите са същите.

По ос В:

- между колони 13 и 14 - има крайна греда, за която

$$b_f = 105 \text{ cm},$$

$$J_{\text{тк}} = (1 - 0.63 \times 25 / 60) \times 60 \times 25^3 / 3 + (1 - 0.63 \times 22 / 80) \times 80 \times 22^3 / 3 = 4.65 \times 10^5 \text{ cm}^4,$$

\* Понеже ивицата е по контура на плочата, има само една средна полуивица и към надколонната ивица се предава половината от момента за средната ивица.



## Пример 2 Метод на заместващите греди

Прилага се при условие, че връзката между колоните и плочата е ставна - например при изпълнение по системата

"Пакетно повдигани плочи" - ППП. Методът ще бъде показан за разпределението и данните по пример 1, схема 1.а.

Гредовите ивици имат разположението на ригелите на рамките от пример 1 и същите геометрични параметри.

Натоварването на ивиците по оси 1, 2 и В е показано съответно на схемите 2, 3 и 4.

Статическото изчисление е извършено на ЕИМ. Огъващите моменти за ивиците по оси 1,2 и 3 са дадени съответно на схеми 8, 9 и 10.

Разпределителните коефициенти са същите от пример 1.д. Огъващите моменти по ивици - надколонни и средни - са следните:

а) заместваща греда по ос 1

- подпора 19

надколонна ивица  $45.2 \times 0.8375 = 37.9 \text{ kNm}$

средна ивица  $45.2 \times 0.1625 = 7.3 \text{ kNm}$

- поле между колони 19 и 13

надколонна ивица  $70.0 \times 0.8375 = 58.6 \text{ kNm}$

средна ивица  $70.0 \times 0.1625 = 11.4 \text{ kNm}$

- подпора 13 ,

надколонна ивица  $117.2 \times 0.8375 = 98.2 \text{ kNm}$

средна ивица  $117.2 \times 0.1625 = 19.0 \text{ kNm}$

- поле между колони 13 и 7

надколонна ивица  $59.8 \times 0.8375 = 50.1 \text{ kNm}$

средна ивица  $59.8 \times 0.1625 = 9.7 \text{ kNm}$

- останалата част е симетрична на разгледаната;

б) заместваща греда по ос 2

- подпора 20

надколонна ивица  $83.5 \times 0.75 = 62.6 \text{ kNm}$

средна ивица  $83.5 \times 0.25 = 20.9 \text{ kNm}$

- поле между колони 20 и 14

надколонна ивица  $78.3 \times 0.60 = 47.0 \text{ kNm}$

средна ивица  $78.3 \times 0.40 = 31.3 \text{ kNm}$

- подпора 14

надколонна ивица  $169.0 \times 0.75 = 126.8 \text{ kNm}$

средна ивица  $169.0 \times 0.25 = 42.2 \text{ kNm}$





съседните полета са еднакви по размери и натоварване с разглежданото поле, така че  $M_0$  ще бъде същият. Разпределение на  $M_0$ :

- полето е крайно, без гредите между вътрешните подпори, но с греда в края, моментите, съгласно таблица 2, са:

- външен отрицателен  $0.3 \times 291.6 = 87.5 \text{ kNm}$
- положителен  $0.5 \times 291.6 = 145.8 \text{ kNm}$
- вътрешен отрицателен  $0.70 \times 291.6 = 204.1 \text{ kNm}$

Разпределение на моментите по ивици:

$\alpha_1 = 0$ , няма греда между колоните в разглежданото направление,

$\beta = 0.744$ , определен в пример 1.д,  $l_2/l_1 = 480/600 = 0.8$ , разпределителните коефициенти се определят по таблица 1:

а) за външна подпора

- надколонна ивица (чрез интерполация) 92.5%
- средна ивица 7.5%

б) за полето

- надколонна ивица 60.0%
- средна ивица 40.0%

в) за вътрешна подпора

- надколонна ивица 75.0%
- средна ивица 25.0%

Моментите в ивиците са следните:

Сечение	Момент (kNm)	Надколонна		Средна	
		коэф.%	M(kNm)	коэф.%	M(kNm)
Външна подпора	87.5	92.5	80.9	7.5	6.6
Поле	145.8	60.0	87.5	40.0	58.3
Вътрешна подпора	204.1	75.0	53.1	25.0	51.0





- подпори  $0,25 \times 146.3 = 36.6 \text{ kNm}$
- поле  $0.40 \times 78.7 = 31.5 \text{ kNm}$ ,

последните стойности се разделят поравно на всяка полуивица;

- надколонна ивица и средна ивица по ос 1 средното натоварване е  $17.4 \text{ kN/m}^2$ ,

$$l_1 = 4.8 \text{ m}, l_2 = 3.125 \text{ m}, c_1 = 0.6 \text{ m}, l_0 = 4.4 \text{ m},$$

$$\text{по (1) } M_0 = 1/8 \times 3.125 \times 4.4^2 \times 17.4 = 131.6 \text{ kNm},$$

полето е вътрешно, разпределените моменти са:

$$\text{отрицателен} \quad 0.65 \times 131.6 = 85.5 \text{ kNm}$$

$$\text{положителен} \quad 0.35 \times 131.6 = 46.1 \text{ kNm}$$

ивицата е с греда между колоните, която има съдстваща ширина  $b_f = 105 \text{ cm}$ , и инерционен момент  $J_b = 8.13 \times 10^5 \text{ cm}^4$ , а инерционният момент на плочата, определен за ширина  $3.125 - 1.05 = 2.075 \text{ m}$ , е  $J_f = 1/12 \times 207.5 \times 22^3 = 1.84 \times 10^5 \text{ cm}^4$ ,

$$\alpha_1 = \frac{8.13 \times 10^5}{1.84 \times 10^5} = 4.41,$$

$$\alpha_1 \times l_2 / l_1 = 4.41 \times 6.0 / 4.8 = 5.51 > 1.0$$

$$\beta = 0,$$

по таблица 1 за  $l_2/l_1 = 1.25$  коефициентите за различните сечения, получени чрез интерполация, са:

- подпори (вътрешни)

$$\text{надколонна ивица} \quad 75 - 30/1.0 \times 0.25 = 67.5\%$$

$$\text{средна ивица} \quad 100 - 67.5 = 32.5\%$$

- поле

$$\text{надколонна ивица} \quad 75 - 30/1.0 \times 0.25 = 67.5\%,$$

$$\text{средна полуивица} \quad 100 - 67.5 = 32.5\%,$$

понеже надколонната ивица е по контура на плочата и има само една средна полуивица до нея, за която ще бъдат предназначени половината от моментите за средна ивица, конкретните разпределителни коефициенти стават:

$$\text{надколонна ивица} \quad 67.5 - 0.5 \times 32.5 = 83.75\%$$

$$\text{средна полуивица} \quad 0.5 \times 32.5 = 16.25\%$$

(по случайност в примера са получени еднакви коефициенти за полето и подпорите, но когато те се различават, се работи по същия начин)



- моментите в надколонната ивица са:

подпори  $0.8375 \times 85.5 = 71.6 \text{ kNm}$

поле  $0.8375 \times 46.1 = 38.6 \text{ kNm}$

- моментите в средната полуивица са:

подпори  $0.1625 \times 85.5 = 13.9 \text{ kNm}$

поле  $0.1625 \times 46.1 = 7.5 \text{ kNm}$

като се съберат моментите от двете полуивици за средната ивица между ос 1 и 2 се получава:

- подпори  $13.9 + 0.5 \times 36.6 = 32.2 \text{ kNm}$

- поле  $7.5 + 0.5 \times 31.5 = 23.3 \text{ kNm}$ .

В надколонната ивица по ос 1 има греда. Тъй като  $\alpha_1 \times l_2 / l_1 > 1.0$ , тя ще поеме 85% от моментите за съответните сечения на ивицата.

#### **Пример 4 Оразмеряване сеченията на плочата за поемане на огъващи моменти**

Ще бъде намерена армировката по посока у за полето между колони 13, 14, 19 и 20 за разпределението по схема 1.а - плочата над 1 етаж. Геометричните параметри и нотоварването са както в пример 1. Използват се усилията, определени по метода на заместващите рамки в пример 1.г - схеми 5, 6, и 7. Разпределителните коефициенти за надколонни и средни ивици са намерени по пример 1.д. Тук и в следващите примери моментите над опорите, които са отрицателни, ще бъдат отбелязвани без знака "минус", който се подразбира.

А. Надколонна ивица по ос 1

Ширина на ивицата  $12.5 + 150 = 162.5 \text{ cm}$ .

Част от момента, поемана от гредата - 85%.

Полезна височина на сечението в плочата е:

$$h_0 = 22 - 1.6 - 1.6 - 0.8 = 18.0 \text{ cm}.$$

Тъй като големите отвори са в посока х, по нея ще бъдат нареждани прътите от първи ред, а по посока у - от втори ред. Бетонното покритие е 1.6cm, толкова е предполагаемият диаметър на прътите.

А.1. Подпора 19

Меродавна е комбинацията вертикален товар и земетръс - особени съчетания. Усилията от земетръс се вземат с получените

стойности, а от вертикален товар би трябвало да се използват следните коефициенти:

0.95, с който се умножават изчислителните стойности на продължителните натоварвания;

0.80, с който се умножават изчислителните стойности на кратковременните натоварвания.

Прилагането на тези коефициенти в конкретния случай предизвикват промяна в усилията от вертикален товар с 2 - 3%, което е незначително. В посока на сигурността могат да се използват ненамалените усилия.

Огъващ момент над подпората

$$M = 110.0 + 131.0 = 231.0 \text{ kNm.}$$

От него за надколонната ивица е частта

$$M_H = 231.0 \times 0.8375 = 193.5 \text{ kNm,}$$

а за средната ивица -

$$M_C = 231.0 \times 0.1625 = 37.5 \text{ kNm.}$$

Гредата на надколонната ивица поема 85% -

$$193.5 \times 0.85 = 164.5 \text{ kNm (16450 kNcm),}$$

а за плочата остава 25.0 kNm (2500 kNcm).

Оразмеряване на гредата

$$b = 25 \text{ cm, } h_0 = 60 - 2.0 - 1.0 = 57 \text{ cm, } \omega = 0.782,$$

$$\xi_R = 0.85 \times 0.615 = 0.523$$

(приет е коефициент 0.85 съгласно член 56 на "Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони),

нормалната сила в гредата се пренебрегва като много малка, съпротивления:

- на бетона за клас B15

$$R_b = 8.5 \times 1.2 = 10.2 \text{ MPa (1.02 kN/cm}^2\text{)};$$

- на стоманата за клас A-III

$$R_s = 375 \times 1.2 = 450 \text{ MPa (45 kN/cm}^2\text{)};$$

$$A_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{16450}{1.02 \times 25 \times 57^2} = 0.198, \gamma = 0.89, \xi = 0.22 < 0.523,$$

$$A_s = \frac{M}{A_s h_0 \gamma} = \frac{16450}{45 \times 57 \times 0.89} = 7.2 \text{ cm}^2,$$

приемат се усилители 3 № 18,  $A_s = 7.50 \text{ cm}^2$ .

Оразмеряване на ивицата от плочата

$$b = 312.5 - 105 = 207.5 \text{ cm, } h_0 = 18 \text{ cm, } \xi_R = 0.523,$$



$$R = 225 \times 1.2 = 270 \text{MPa} (27 \text{kN/cm}^2) - \text{клас А-I,}$$

$$A_0 = \frac{2500}{1.02 \times 207.5 \times 18^2} = 0.036, \quad \gamma = 0.98, \quad \xi = 0.04 < 0.523,$$

$$A_s = \frac{2500}{27 \times 18 \times 0.98} = 5.3 \text{cm}^2,$$

понеже се определя при участие на усилия от земетръс, трябва да се провери дали е спазен минималният процент на армиране, които е:

$$140/R_{sn} = 140/410 = 0.34\%,$$

$$\min A_s = 207.5 \times 18 \times 0.34/100 = 12.7 > 5.3 \text{cm}^2,$$

приема се  $A_s = 12.7 \text{cm}^2$ , усилители 12  $\phi$  12,

часта от плочата, която представлява съдействащата широчина на гредата се армира също за минималния процент

$$A_s = (105 - 25) \times 18 \times 0.34/100 = 4.9 \text{cm}^2$$

усилители 5  $\phi$  12 (А-1).

Проверка за положителен момент при подпората.

Понеже моментът от земетръс е по-голям от този при вертикален товар, получава се положителен момент

$$M = 131.0 - 100.0 = 31.0 \text{kNm.}$$

Той ще бъде поет само от гредата.

Оразмеряване

$$b = 105 \text{AB}, \quad h_0 = 57 \text{cm}, \quad R_b = 10.2 \text{MPa}, \quad R_s = 270 \text{MPa},$$

$$A_0 = 0.01, \quad \gamma = 0.99, \quad A_s = 2.03 \text{cm}^2,$$

долна армировка в гредата - прави 2  $\phi$  12 (А-1), простират се в конзолната част и навлизат на 1/3 в полето.

А. 2. Поле между колони 19 и 13.

Меродавна е комбинацията от вертикални товари - основни съчетания. Огъващият момент е 49.8kNm. От него надколонната ивица поема:

$$M_H = 49.8 \times 0.8375 = 41.7 \text{kNm},$$

а средната ивица

$$M_C = 49.8 \times 0.1625 = 8.1 \text{kNm} (810 \text{kNcm}).$$

Гредата в надколонната ивица ще понесе частта

$$41.7 \times 0.85 = 35.4 \text{kNm} (3540 \text{kNcm}),$$

а за плочата остава 6.3 kNm (630kNcm).



Оразмеряване на гредата

$$b = 105\text{cm}, h_0 = 52\text{cm}, R_b = 10.2\text{MPa} (0.85\text{kN/cm}^2), \\ R_s = 225\text{MPa} (22.5\text{kN/cm}^2), A_0 = 0.014, \gamma = 0.99, A_s = 3.3\text{cm}^2,$$

минималният процент на армиране е 0.05 или

$$\min A_s = 25 \times 57 \times 0.05 / 100 = 0.71\text{cm}^2,$$

долна армировка - прави 2  $\phi$  16 (или 2 №12).

Оразмеряване на ивицата от плочата

$$b = 207.5\text{cm}, h_0 = 18\text{cm}, \xi_R = 0.523, R_s = 225\text{MPa} (22.5\text{kN/cm}^2), \\ R_b = 8.5\text{MPa} (0.85\text{kN/cm}^2), A_0 = 0.011, \gamma = 0.99, A_s = 1.6\text{cm}^2 \\ \min A_s = 207.5 \times 18 \times 0.05 / 100 = 1.9\text{cm}^2$$

приемат се по 5  $\phi$  6 на метър, включително и за плочата от съдействащата ширина на гредата,

долна армировка - прави 5  $\phi$  6<sup>5</sup> (A-I).

A.3. Подпора 13

Общият момент при особенни сечения е 226.5 kNm. от него се разпределят:

$$\text{за надколонна ивица} \quad 0.8375 \times 226.5 = 189.7\text{kNm}$$

$$\text{за средна ивица} \quad 0.1625 \times 226.5 = 36.8\text{kNm}$$

По-нататък се работи както при подпора 19.

Б. Надколонна ивица по ос 2

Широчината на ивицата 3.0m.

Полезна височина на сечението 18.0cm.

Б.1. Подпора 14

Използват се особени сечения.

Общият огъващ момент над подпората е:

$$M = 173.9 \times 81.6 = 255.5\text{kNm}.$$

Частта за надколонната ивица е:

$$M_n = 255.5 \times 0.75 = 191.6\text{kNm},$$

а за средната ивица

$$M_c = 255.5 \times 0.25 = 63.9\text{kNm}.$$

Оразмеряване

$$b = 300.0\text{cm}, h_0 = 18\text{cm}, \xi_R = 0.523, R_s = 450\text{MPa} (A - I), \\ R_b = 10.2\text{MPa}, A_0 = 0.19, \gamma = 0.89, \xi = 0.21 < 0.523, \\ A = 26.6\text{cm}^2 (A - III),$$

50% от сечението се поставя в зоната на продънване с широчина 96cm,



Оразмеряване

$b=300.0\text{cm}$ ;  $h_0=18\text{cm}$ ,  $R_s=225\text{MPa}$  (А - I),  $R_b=8.5\text{MPa}$ ,  
 $A_0=0.042$ ,  $\gamma=0.978$ ,  $A_s=8.9\text{cm}^2$ ,

долна армировка - прави 18  $\phi$  8.

В.З. Подпора по ос В.

Огъващият момент при особени сечения е

$36.8 + 63.9 = 100.7\text{kNm}$ .

По-нататък се работи както при подпората по ос Г.

### **Пример 5 Предаване на огъващ момент от плочата на колоната**

Ще бъдат разгледани различни видове колони съгласно разпределението от схема 1.а. Натоварването и усилията са определени в пример 1.

Пример 5. а Вътрешна колона.

Проверката ще бъде извършена за колона 14.

Посока у

Меродавният неуравновесен момент, който е при особени съчетания, съставлява:

$\Delta M = 173.9 + 133.7 + 81.6 + 82.6 = 204.4\text{kNm}$ .

Той е отрицателен, положителен момент при подпората не се появява.

Ефективната ширина на ивицата, съгласно фиг. 14. в е 240cm.

Оразмеряване

$b_e = 240.0\text{cm}$ ,  $h_0 = 18\text{cm}$ ,  $R_s = 450\text{MPa}$ ,  $R_b = 10.2\text{MPa}$ , (понеже се използват особени сечения).

В ефективната ширина са разположени: 7 пръти № 16 за ивицата в зоната на продънване, а в ивиците отстрани

$2 \times 6 \times 0.5(240 - 96) / 0.5(300 - 96) = 8.5$ ,

в посока на сигурността се приемат 8 пръта № 12, общото сечение на предвидената армировка е

$A_s = 7 \times 2.0 + 8 \times 1.13 = 23.04\text{cm}^2$ ,

необходимото сечение на армировката е

$A_0 = 0.26$ ,  $\gamma = 0.84$ ,  $A_s = 30.04\text{cm}^2$  (А - III),

не достигат  $7.0\text{cm}^2$ , които могат да се постигнат като се поставят нови усилители или като се увеличат диаметрите на





Посока х

Неуравновесеният момент, появяващ се при особени съчетания, който е изцяло отрицателен, съставлява

$$\Delta M = 155.1 - 0.4 + 60.8 = 215.5 \text{ kNm.}$$

Ефективната ширина съгласно фиг. 14.6 е  $60+60=120\text{cm}$ .

Оразмеряване

$b = 120\text{cm}$ ,  $h_0 = 18\text{cm}$ ,  $R_s = 450\text{MPa}$  (особени съчетания),

$R_b = 10.2\text{MPa}$  ( $1.02\text{kN/cm}^2$ ),  $\xi_R = 0.523$ ,

$\max x = 0.523 \times 18 = 9.4\text{cm}$ ,

$\max M = 9.4 \times 120 \times 1.02 (18 - 4.7) = 15302 \text{ kNcm} = 153.02 \text{ kNm}$

$153.02 \text{ kNm} < 215.5 \text{ kNm}$ .

Сечението с ефективната ширина не може да предаде целия момент на колоната. Разликата от  $215.5 - 153.02 = 62.48 \text{ kNm}$  трябва да се предаде на колоната чрез греда, която се оразмерява на усукване съгласно глава осма от "Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции".

За момента от  $153.02 \text{ kNm}$  сечението на армировката е  $A_s = 25.5 \text{ cm}^2$  ( $A_0 = 0.385$ ,  $\gamma = 0.74$ ). Усилителите в зоната на ефективната ширина не могат да бъдат по-малко от 11 № 18 (А-III).

### Пример 6 Проверка за продънване (вътрешна колона)

Ще бъде направена за колона 20 от разпределението по схема 1.а, плоча нар 1 етаж, особени съчетания, при които неуравновесеният момент е много по-голям от този при основни съчетания.

Етажната реакция е:

- от рамка по ос 2 449.4kN,

- от рамка по ос В 377.4kN,

средна стойност 413.4kN.

Неуравновесеният момент в плочата е

- по ос х  $\Delta M = 131.7 \text{ kNm}$ ,

- по ос у  $\Delta M = 204.4 \text{ kNm}$ .

Средната полезна височина на сечението за двете посоки е:

$$(18.0 + 19.6) / 2 = 18.8 \text{ cm} .$$

Проверка по посока у





$$a_w = 0 - 85, \quad F_b = 444.4 \text{ kN}, \quad F_{sw} = 180 \text{ MPa (18 kN/cm}^2\text{)}$$

$$552.3 \leq 0.86 \times 444.4 + 0.8 \times 18.0 \times A_{sw}, \quad A_{sw} \geq 12.1 \text{ cm}^2,$$

приемат се кобилицы по 3 № 14 (А-III) в двете посоки под 45°, общо 12 среза

$$A_{sw} = 12 \times 1.5 \times 0.707 = 12.7 \text{ cm}^2,$$

проверка по условие (114) от споменатите норми

$$12.7 \times 18.0 = 228.6 \text{ kN} > 0.5 \times 0.85 \times 444.4 = 188.9 \text{ kN},$$

проверка на условието

$$2a_w F_b \geq a_w F_b + 0.8 F_{sw}$$

$$2.0 \times 0.85 \times 444.4 > 0.85 \times 444.4 + 0.8 \times 12.7 \times 18.0,$$

$$755.5 > 560.6 \text{ kN}.$$

Проверка по посока x

Не е необходима, тъй като сечението на колоната е квадратно, а неуравновесеният момент е значително по-малък от този по посока y.

Пример 7 Проверка за продънване (крайна колона)

Тъй като при разпределението по схема 1.а липсва изразено продънване при крайна колона (по оси 1 и 6 има греди) ще бъде разгледана колона, подобна на тази от фиг.16.б като неуравновесеният момент действа перпендикулярно на крайния ръб на плочата.

Проверката ще бъде извършена за следните данни:

а) страни на сечението на колоната

$$c_1 = 40 \text{ cm},$$

$$c_2 = 25 \text{ cm};$$

б) полезна височина на плочата (средна за двете посоки)

$$h_0 = 14 \text{ cm};$$

в) усилия - особени съчетания

$$\Delta M = 6240 \text{ kNcm}, \quad F = 107 \text{ kN};$$

г) материали

бетон клас В20,

стомана клас А-III.

Геометричните параметри за контура на средната основа пирамидата на продънване по фиг. 16.б. са





$$86.3 > 71.2;$$

$$2.0a_w F_b = 2.0 \times 0.85 \times 167.6 = 284.9 \text{ kN},$$

$$a_w F_b + 0.8 F_{sw} = 167.6 + 0.8 \times 86.3 = 236.6 \text{ kN},$$

$284.9 > 236.6$  - условията за поставяне на армировка са изпълнени.

### Пример 8 Определяне необходимата дебелина на плочата

Ще бъде определена за полето между колони 13, 14, 19, и 20 за разпределението по схема 1.а.

Натоварването на единица площ ще бъде изчислено като средно аритметично между средните натоварвания на единица - площ за ивиците по ос 1 (схема 2) и по ос 2 (схема 3). В пример 1.6 са определени изчислителните натоварвания. По същият начин но с коефициенти за натоварване 1.0 се получават нормативните натоварвания. Средните стойности за единица площ, като са включени разпределените и концентрираните товари, по ивици са:

- по ос 1  $15.2 \text{ kN/m}^2$  или  $0.152 \text{ daN/cm}^2$ ;

- по ос 2  $11.9 \text{ kN/m}^2$  или  $0.119 \text{ daN/cm}^2$ ;

Средният нормативен товар за полето е:

$$q^H = 0.5(0.152 + 0.119) = 0.135 \text{ daN/cm}^2.$$

Прилага се формула (5). Отделните величини са,

$$l_g = 600 \text{ cm}, \quad l = 480 \text{ cm}, \quad \lambda = 600/480 = 1.25,$$

по таблица 4  $C = (2 \times 1.25 + 1)/(1.25 + 1) = 1.71,$

по таблица 5  $\alpha = 41,$

по таблица 6  $K = 200,$

за бетон В 15 и стомана клас А-III

$$\alpha = 2 \times 10^5 / 2.5 \times 10^4 = 8.0, \quad R_{bt,ser} = 1.15 \text{ MPa},$$

приема се предварително съгласно т.9.6 дебелина на плочата, съставляваща  $1/28 x l_g = 21.4 \text{ cm}$  или кръгло 22cm.

$$A = (22/600)^2 \times 10 \times 1.15 / 0.135 = 0.115,$$

приема се процент на армиране  $\mu = 0.4\%$ ,

по таблица 8  $K_1 = 6.4, K_2 = 12.7, K_3 = 67.1,$

$$C = 1 + 12.7/8 - (67.1 \times 0.115)/8 = 1.62,$$

по (5)

$$h \geq \frac{600}{6.4} \sqrt[3]{\frac{1.71 \times 41.0 \times 0.134 \times 200 \times 1.62}{10 \times 2.5 \times 10^4}} = 21.6 \text{ cm};$$

прави се втора итерация като се приема  $h = 21.6 \text{ cm}$ , тогава:



